

栅控电子枪部件的模型修正方法^{*}

刘守圭¹, 杨序贵¹, 何小琦², 宋芳芳²

(1. 中山大学应用力学与工程系, 广东 广州 510275;
2. 信息产业部电子五所, 广东 广州 510000)

摘要: 在进行结构动力分析时, 建立具有尽量精确的动力特性如固有频率及固有振型的计算模型是十分重要的, 计算模型的正确与否直接影响进一步动力分析 (如瞬态动力响应、谐分析和谱分析) 的计算结果。但是通过实验得到的固有频率及固有振型实测结果与有限元模型的计算结果通常都存在偏差, 因而有必要在实测结果的基础上对有限元计算模型进行修正。以栅控电子枪部件为对象, 讨论了结构系统模态分析中的模型修正的一些方法。并运用这些方法对栅控电子枪部件实施计算想的振型与固有频率及相应振型。

关键词: 模型修正; 模态分析; 栅控电子枪

中图分类号: O326 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2004) 06-0175-03

由于固有频率和振型是结构系统最基本的动力特性, 而作为提取振型与固有频率的模态分析又是进一步动力学分析 (如瞬态动力响应、谐分析和谱分析) 的起点, 因而在有限元结构动力分析中, 在模态分析阶段建立尽量精确的 (固有频率与振型与实物符合) 计算模型就至关重要^[1]。通常情况下, 按照图纸建立的“理想”计算模型的振型与原型的振型是有偏差的, 即使振型一致, 计算模型的固有频率一般都高于实测结果, 也就是说这样的计算模型的动力学特征是不准确的。这主要是由于计算模型的约束条件过于理想、手册上查到的材料的物理特性 (质量密度、弹性模量及泊松比等参数) 与实际模型不同等等原因, 因而进行计算模型修正必不可少, 多种方法也得以发展^[2,3]。本文以栅控电子枪部件为例, 讨论在提取其固有频率及振型的过程中, 如何对计算模型进行修正并进而提出一些简单的修正方法, 讨论这些方法对建立正确的有限元动力学计算模型具有十分重要的理论和工程实用意义。

1 模态分析理论

基本方程:

$$[M] \ddot{u} + [K] u = 0 \quad (1)$$

其中, $[M]$ 为质量矩阵, $[K]$ 为刚度矩阵。

线性系统的解为:

$$u = \varphi_i \cos \omega_i t$$

对应的频率方程为:

$$|[K] - \omega^2 [M]| = 0 \quad (2)$$

模态分析的任务即求解上述方程也就是求解广义特征值问题^[3], 得到固有频率及对应的模态。

由频率方程可以看出, 动力系统的刚度及质量最直接影响系统的固有频率。最简单的修正方法即为矩阵型模型修正方法^[4,5], 也即对质量矩阵及刚度矩阵中的分量进行修正。

2 栅控电子枪部件计算模型的建立及其修正

2.1 按设计图纸建立栅控电子枪部件计算模型
由于栅控电子枪^[6]的结构比较复杂, 但又关于轴线对称, 因而理论上整体模态在横向及纵向 2 个方向具有对等性。为了减少自由度以缩短计算时间, 模型只取实物的一半 (180°模型, 图 1)。

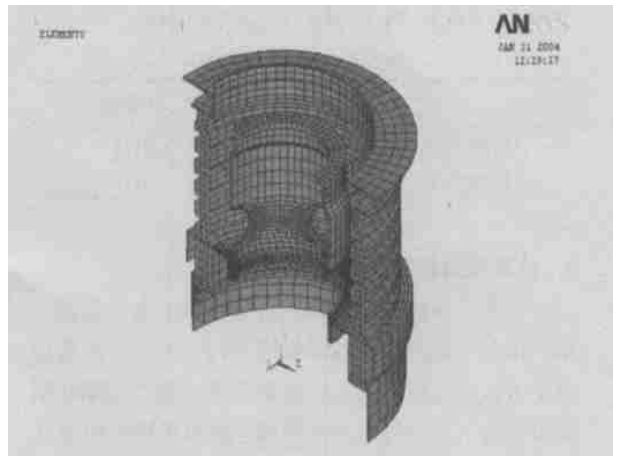


图 1 栅控电子枪部件有限元模型

Fig. 1 The finite element model of an electronic gun component

* 收稿日期: 2004-02-24

基金项目: 信息产业部电子五所电子元器件可靠性物理及其应用技术国家级重点实验室资助项目

作者简介: 刘守圭 (1946 年生), 女, 教授; E-mail: stslsg@zsu.edu.cn

2.2 对模型的连接约束方式进行修正

如此建立的计算模型的固有频率与实测相比,要高出大约 1 倍。原因是在有限元模型中,凡是共有节点的边或面之间被认为是牢牢固结在一起的,但实际上部件中各零件之间即使是以焊接的工艺方式连接,也达不到有限元模型中的连接的牢固程度。可以通过减少两块焊在一起的板的厚度以及把焊接的 2 块板中间留出缝隙的方法来使模型的刚度接近实物的刚度 (图 2)。

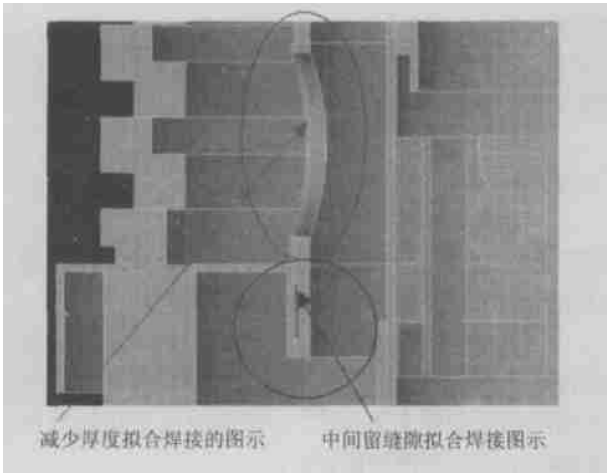


图 2 连接约束方式的修正
Fig 2 Correction of the connection way

但是,经过这样模型修正后的计算模型的固有频率仍然偏高,结果见表 1。

表 1 实测、计算频率对照表

Tah 1 The frequency comparison between
experiment and computation

	实测值	计算值
一阶频率/Hz	1470	2111
二阶频率/Hz	2212	3178

3 计算模型材料参数的修正

欲将计算模型偏高的固有频率降下来,途经一般可以分为提高质量及降低刚度两个方向。提高质量的方法可以通过加大质量密度来实现,而降低刚度可以通过改变约束条件和减小材料的弹性模量达到目的。本文按照以上思路对模型进行修正。栅控电子枪元件的材料也十分复杂,许多合金材料的物理参数也较难获得准确数据,只能参照材料手册上

的金属材料的参数作为依据。经过对这些的参数修正可以获得较理想的动力学计算模型^[7]。

栅控电子枪部件模型参数修正如表 2。

表 2 参数修正
Tah 2 Parameters updating

	弹性模量/(N·m ⁻²)		密度/(kg·m ⁻³)	
	修正前	修正后	修正前	修正后
99 瓷	3.4×10 ¹¹	3.0×10 ¹¹	3.75×10 ³	4.2×10 ³
可伐(4J34)	1.8×10 ¹¹	1.0×10 ¹¹	8.16×10 ³	9×10 ³

修正后的计算模型无论是振型还是频率都提取到与实测较吻合的结果,见表 3。

表 3 模型实测与计算振型对比表

Tah 3 The mode comparison between
experiment and computation

项目	频率/Hz	测点①	测点②	测点③	测点④	
实测振	一阶	1470	-0.79	-0.71	-0.83	-1.0
型值	二阶	2212	0.63	1.0	-0.34	-0.25
计算振	一阶	1704	-0.52	-0.40	-0.65	-1.0
型值	二阶	2384	0.64	1.0	-0.08	-0.12

在模态分析阶段修正后的模型可以作为谐分析、时间历程响应及谱分析的计算模型,还可进一步为损伤检测以及健康监测研究打下基础。因而结构动力模型修正技术具有广阔研究与应用的发展空间。

参考文献:

[1] 宋汉文,王丽炜,王文亮.有限元模型修正中的若干重要问题[J].振动与冲击,2003,22(4):68-71.
[2] 朱宏平,等.结构动力模型修正方法的比较研究及评估[J].力学进展,2002,32(4):513-524.
[3] 李书,卓家寿,任文青.广义逆特征值方法在动力模型修正中的应用[J].振动与冲击,1998,17(2):63-66.
[4] 荣见华,郑健龙,徐飞鸿.结构动力修改及优化设计[M].北京:人民交通出版社,2002.
[5] 魏来生.结构有限元动态模型修正方法综述[J].振动与冲击,1998,17(3):43-46.
[6] 易日.使用ANSYS6.1进行结构力学分析[M].北京:北京大学出版社,2002.
[7] F.S.谢,I.E.摩尔,R.T.亨克尔.机械振动—理论与应用[M].北京:国防工业出版社,1984.

Model Correction Methods in Mode Analysis for an Electronic Gun

LIU Shou gui¹, YANG Xu gui¹, HE Xiao qi², SONG Fang fang²

(1. Department of Applied Mechanics and Engineering, Sun Yat sen University, Guangzhou 510275, China

2. CEPREI, Guangzhou 510000, China)

Abstract: In structural dynamic analysis, it is very important to build a FEM computational model with most possibly precise dynamic characteristics, such as natural frequencies and modes. That has significant effect on the numerical results of further transcend analysis, harmonic analysis and spectrum analysis. The methods of model correction in Mode Analysis for structural system are discussed in the example of an electronic gun component. The reasonable results of frequency and mode of the component is obtained with these methods.

Key words: model updating; mode analysis; electronic gun

(上接第 168 页)

Supermodular Order and Its Application in Discrete time Queue

ZHOU Wen hui¹, DENG Yong lu²

(1. School of Business Administration, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China;

2. Department of Statistics, Sun Yat sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: The supermodular order is introduced and it is shown that the supermodular order can compare the strength of the positive dependence of random vectors. And then the discrete time with positive dependent arrival is analysed by using the supermodular order and concerned stochastic order. The result is obtained that the buffer contents are ordered under increasing convex order, when arrival processes are ordered under supermodular order. Finally, the result is applied to some special discrete time queues such as Bernoulli correlated arrival and N -source arrival with correlated messages.

Key words: supermodular order; positive correlation; discrete time queue